III-50　粘性土の乱し作用による体積ならびに強度変化について

鹿島建設技術研究所　正員　保国　光敏
〃　〃　山田　功
〃　〃　○菅　好徳

1．まえがき

粘性土地盤に対する杭の打設および、ある種の地盤改良工法において地盤が打設等の影響を受けて乱され、強度の低下をきたすが、その後の強度回復を観測すると、杭周辺地盤の強度が増大したり、地盤改良工法においては、例えば盛土荷重より予測される以上の沈下量および強度が発生するという報告が数多くなされている。この原因としては、打設等の影響を受けて乱された地盤内に発生する過剰間ゲキ水圧が消散することによる、再圧密現象ではないかと考えられている。しかしながら、乱しを受けた後の粘性土の性質については、まだまだ不明確な点が多く残されていると思われる。そこで、今回再圧密による密度変化ならびに強度変化に注目して室内試験を実施したので以下に報告する。

2．試験方法

試験に用いた土は、横浜駅周辺の沖積粘性土層より G.L-20ᵐ の深度でシンウォールサンプラーにより採取した試料を用いた。採取した試料の土性値を表-1に示す。

自然含水比 w%	121.5～107.0	粒度特性	レキ分%	0
土粒子の比重 G_s	2.66		砂分%	1
間ゲキ比 e	3.232～2.847		シルト分%	42
飽和度 S_r%	100		粘土分%	57
液性限界 w_L%	134.6～122.7	三角座標分類法による土質名称		粘土
塑性限界 w_P%	70.9～49.5	圧密降伏応力 P_y kg/cm²		0.963
塑性指数 I_P	82.4～63.7	圧縮指数 C_c		1.264

表-1　試験試料土性値一覧表

試験は以下の手順によった。シンウォールより取り出した試料は $\phi=5^{cm}$, $h=12.5^{cm}$ に成形し、三軸室内に圧密促進のために口紙によるサイドドレーンを取り付けセットした。圧密荷重となる側圧としては 4 kg/cm² を用い初期圧密を24時間行ない、その後、試料を非排水状態にして 0.2^{Hz} の周期で 0～4 kg/cm² の軸差応力を載荷させた。間ゲキ水圧の測定は試料下部に取付けた間ゲキ水圧計で行ない、所定の過剰間ゲキ水圧が発生したら載荷をやめ、排水コックを開け排水状態にして24時間後の試料からの排水量をメスシリンダー（読み取り精度 0.05^{cc}）により読み取った。こうして再圧密の終了した試料は変形しているため $\phi=3.5^{cm}$, $h=8^{cm}$ に削り成形して一軸圧縮試験により強度を求めた。なお、密度と一軸強度の関係を調べるため GL-10ᵐ～36ᵐ までの試料に対しても一軸圧縮試験を実施した。

3．試験結果とその考察

a．体積変化について

乱し作用により発生した過剰間ゲキ水圧と、その後の再圧密による体積変化の関係を図-1に示す。体積変化の割合は発生した過剰間ゲキ水圧が大きいほど大きく、その関係は過剰間ゲキ水圧の発生量が圧密荷重の9割程度までの範囲では直線的に比例して、

$$\frac{-\Delta e}{1+e_0}\times 100 = a\times\Delta u \quad \text{—(1)}$$

a : const.

なる関係が得られる常数 a は体積変化と圧力の比であるので、発生した過剰間ゲキ水圧を圧密増加荷重と同様に取扱うと、体積圧縮係数として取り扱うことが出来る。

過剰間ゲキ水圧の発生量が圧密荷重の9割を越す液状化に近い範囲では、試料にいくら繰返し応力を作用させても過剰

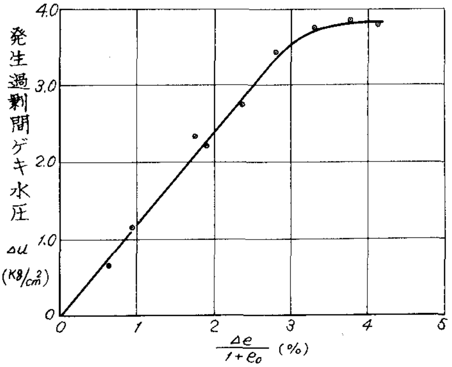

図-1　発生過剰間ゲキ水圧と体積変化の関係

間ゲキ水圧の発生量が圧密荷重の9割を越す液状化に近い範囲では、試料にいくら繰返し応力を作用させても過剰間ゲキ水圧は上昇しにくくなり、体積変化は乱しの程度に比例しなくなる。これは砂において同様な実験を行った場合でも液状化近辺で体積変化が非常に大きくなることと似ている。

再圧密による体積変化と普通の一次元圧密による体積変化のオーダーを圧密荷重4㎏/㎠附近の体積変化に対して取った体積圧縮係数で比較すると、再圧密時の体積圧縮係数は普通の一次元圧密の1/4であった。

b　強度変化について

再圧密により体積変化が起り、密度増加が生じているので、これにより何らかの強度変化が発生していることが予想される。そこで、まず一軸強度と密度の関係を知るために採取した試料および、再圧密後の試料に対して実施した一軸試験結果を間ゲキ比eに対してプロットすると図－2が得られ、間ゲキ比eと一軸強度τの対数は直線関係にあり

$$e = -1.495 \log \tau + 2.54 \qquad (2)$$

(2)式が得られる。一般に密度と一軸強度の対数の関係は直線関係になることが知られており、今回の試験でも例外ではないが、再圧密後の試料の一軸強度（図-2中の黒丸）もこの関係を満足していることより、再圧密による強度増加は密度の変化によって取り扱うことが出来ると考えられる。

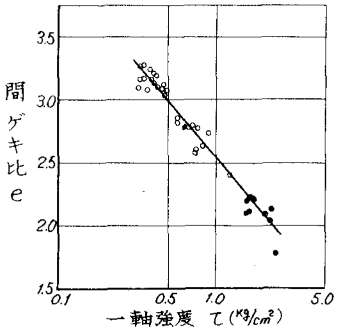

図-2 間ゲキ比と一軸強度の関係

乱しにより発生した過剰間ゲキ水圧と再圧密後の強度の関係を4㎏/㎠の初期圧密終了後の試料の平均間ゲキ比e = 2.215を用いて、(1)(2)式より計算すると図－3の関係が得られ、乱しの度合にほぼ比例して強度の増加が発生することがわかる。

次に、乱しによる強度増加と盛土等の普通の載荷圧密による強度増加を比較してみる。乱しによる強度増加を図－3より過剰間ゲキ水圧の発生量を圧密増加荷重と考えて、平均的な強度増加係数を求めると、

$$\Delta\tau / \Delta u = 0.102 \qquad (3)$$

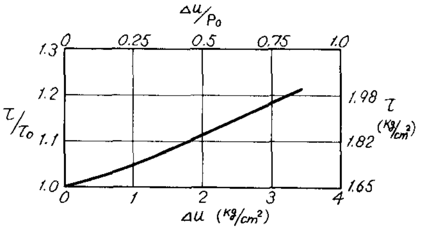

図-3 再圧密に伴う強度増加

になる。一方、載荷圧密による強度増加係数を4㎏/㎠の圧密荷重から5㎏/㎠の圧密荷重に変化させた時の強度増加から、表－1の圧縮指数と(2)式を用いて求めると

$$\Delta\tau / \Delta p = 0.339 \qquad (4)$$

になる。したがって再圧密による強度増加を載荷圧密の強度増加から予測するには、今回の試験では過剰間ゲキ水圧の発生量を圧密増加荷重に取って、載荷圧密によって得られた強度増加係数の約1/3の強度増加係数と評価できる。

3. まとめ

今回実施した試験により次のことがわかった。

(1) 乱しを受けた粘土の体積変化は乱しの度合が圧密荷重の9割程度までの範囲では、乱しの度合に比例する。

(2) 強度の変化は体積変化に比例して発生し、強度増加係数としては載荷圧密より求めた強度増加係数の約1/3を取れば良い。

今後は試験の種類も多くして、さらに乱された土の性質を研究して行きたい。